

PENGARUH PENGGUNAAN GEOTEKSTIL *WOVEN* TERHADAP NILAI DEFORMASI PADA TANAH TIMBUNAN MENGGUNAKAN PLAXIS 2D

Erfa Kurniasih¹, Yayuk Apriyanti^{1,a}, dan Roby Hambali¹

¹) Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Bangka Belitung
Desa Balun Ijuk, Kecamatan Merawang, Kabupaten Bangka, Provinsi Kepulauan Bangka Belitung, 33172

^a) email korespondensi: yayukapriyanti26@gmail.com

ABSTRAK

Penggunaan lahan untuk pembangunan infrastruktur setiap tahun semakin meningkat, sehingga tidak menutup kemungkinan akan adanya pembangunan di atas tanah lunak. Pada konstruksi jalan diatas tanah lunak, penggunaan geotekstil sering kali digunakan untuk meningkatkan stabilitas tanah dan timbunan. Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penggunaan geotekstil *woven* dengan kuat tarik yang bervariasi terhadap penurunan (deformasi) pada tanah timbunan diatas tanah lunak. Metode yang digunakan yakni analisis menggunakan program Plaxis 2D. Model timbunan yang dianalisis berjumlah 9 model dengan kuat tarik geotekstil *woven* yang bervariasi. Data yang digunakan adalah data primer berupa parameter tanah untuk tanah timbunan (tanah puru) dan tanah dasar (lempung lunak). Data sekunder berupa nilai kuat tarik geotekstil *woven* dan besar beban kendaraan. Berdasarkan hasil analisis diketahui bahwa semakin bertambahnya variasi nilai kuat tarik geotekstil *woven* yang digunakan pada timbunan maka nilai deformasi total mengalami penurunan. Penurunan tersebut berlangsung hingga variasi kuat tarik 1.400 kN/m, sedangkan pada variasi kuat tarik 1.600 kN/m nilai deformasi mengalami kenaikan. Hal tersebut dikarenakan nilai kuat tarik geotekstil *woven* yang digunakan sudah terlalu tinggi dan tidak sesuai lagi dengan kondisi tanah. Kondisi tersebut menyebabkan interaksi menjadi tidak optimal sehingga efektivitas geotekstil *woven* dalam mengurangi deformasi total berkurang. Nilai deformasi terkecil terjadi pada model variasi kuat tarik 1.400 kN/m dengan nilai deformasi sebesar 0,1189 m. Nilai tersebut mengalami reduksi nilai deformasi sebesar 98,302% jika dibandingkan dengan nilai deformasi pada model timbunan tanpa perkuatan geotekstil *woven*.

Kata Kunci: Geotekstil Woven, Timbunan, Deformasi, Plaxis 2D

PENDAHULUAN

Seiring berjalannya waktu, jumlah penduduk di Indonesia semakin meningkat. Meningkatnya jumlah penduduk tersebut berbanding lurus terhadap kebutuhan penggunaan lahan untuk pembangunan tempat tinggal maupun infrastruktur. Kondisi yang terus menuntut bertambahnya penggunaan lahan, memungkinkan akan adanya pembangunan diatas lahan yang bermasalah. Salah satu ciri lahan yang bermasalah yakni memiliki tingkat kekerasan yang rendah atau sering disebut dengan tanah lunak.

Penggunaan timbunan diatas tanah lunak sebagai pendukung dalam pembangunan struktur perkerasan jalan raya belum cukup untuk membantu meningkatkan keamanan dan stabilitas konstruksi. Timbunan yang dibangun diatas tanah lunak memiliki kecenderungan untuk menyebar secara lateral akibat tekanan tanah horizontal yang bekerja didalam timbunan. Tekanan tanah ini menimbulkan tegangan geser horizontal pada dasar timbunan yang harus ditahan oleh tanah dasar (Pedoman Konstruksi dan Bangunan, 2009). Selain itu juga, timbunan dengan kondisi tanah dasar yang lunak dapat menimbulkan masalah lain yakni adanya penurunan yang tidak merata yang dapat

mengakibatkan keruntuhan pada timbunan (Kurnia, 2024). Oleh karena itu, untuk memaksimalkan perbaikan tanah lunak tersebut perlu dilakukannya perkuatan diatas tanah dasar sebelum dilakukan konstruksi timbunan diatasnya.

Metode perkuatan tanah menggunakan geotekstil merupakan salah satu cara yang sering digunakan untuk meningkatkan stabilitas tanah dengan timbunan. Geotekstil *woven* merupakan material yang digunakan sebagai lapisan pada tanah dasar yang kemudian dilakukan penimbunan diatasnya, sehingga dapat menyalurkan beban timbunan secara merata untuk mencegah terjadinya deformasi pada tanah dasar (www.pandu-equator.com, 2023).

Berdasarkan penjelasan diatas, artikel ini akan berfokus pada pengaruh penggunaan geotekstil *woven* terhadap nilai deformasi pada timbunan diatas tanah lunak. Analisis dilakukan dengan memodelkan tanah dasar serta timbunan menggunakan program Plaxis 2D, yang kemudian dianalisis dengan kondisi geotekstil *woven* yang bervariasi. Variasi yang digunakan yakni nilai kuat tarik geotekstil *woven* yang berbeda-beda, sehingga diharapkan akan diketahui geotekstil *woven* dengan nilai kuat tarik yang mana yang menghasilkan kondisi deformasi timbunan yang terkecil.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Bangka Belitung. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari data primer dan data sekunder. Data primer yang digunakan meliputi nilai parameter tanah dari sampel tanah lempung lunak sebagai tanah dasar dan sampel tanah puru sebagai tanah timbunan. Sampel tanah lempung lunak dan tanah puru yang digunakan diambil dari Kelurahan Jerambah Gantung, Kecamatan Gabek, Kota Pangkalpinang. Sementara itu, data sekunder yang digunakan meliputi nilai korelasi parametrik, nilai kuat tarik geotekstil *woven* dan nilai beban kendaraan. Sebagai bahan perkuatan, geotekstil *woven* yang digunakan merupakan jenis geotekstil *woven* tipe Speravi PET yang diproduksi oleh PT. Tetrasa Geosinindo. Geotekstil *woven* tipe Speravi PET berwarna putih yang terbuat dari benang *polyester* yang dianyam. Geotekstil *woven* tipe Speravi PET ini mempunyai nilai kuat tarik berkisar antara 100 kN/m – 1.600 kN/m. Beban kendaraan didapat dari bobot sumbu kendaraan untuk jalan tipe kelas II yang didasarkan pada undang-undang nomor 22 tahun 2009 tentang lalu lintas dan angkutan jalan.

Tahapan dalam penelitian ini dimulai dari studi literatur dan dilanjutkan dengan survei lapangan. Selanjutnya yakni pengumpulan data primer dan data sekunder. Setelah data-data diperoleh dilanjutkan dengan membuat pemodelan geometri timbunan menggunakan Plaxis 2D. Setelah analisis menggunakan Plaxis 2D selesai maka diperoleh hasil berupa nilai deformasi. Nilai tersebut kemudian akan dianalisis sesuai dengan tujuan penelitian. Terakhir yakni mengambil kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Data Primer

Data Primer diperoleh dari hasil pengujian laboratorium. Pengujian tersebut terdiri dari pengujian kadar air, analisis saringan, batas-batas *Atterberg*, berat jenis, pemadatan, CBR, berat isi dan kuat geser langsung. Pengujian tersebut dilakukan untuk mengetahui klasifikasi atau jenis tanah yang diuji dan untuk mengetahui nilai parameter tanah. Nilai parameter tanah tersebut akan digunakan dalam analisis menggunakan Plaxis 2D.

Tabel 1. Hasil pengujian laboratorium

| Pengujian | Hasil | |
|------------------------|-----------------------|-----------------|
| | Tanah Dasar (Lempung) | Timbunan (Puru) |
| Kadar air (%) | 7,4 | 15,4 |
| Batas Cair (%) | 56,081 | 43,681 |
| Batas Plastis (%) | 28,712 | 39,694 |
| Indeks Plastisitas (%) | 27,369 | 3,987 |
| Berat Jenis | 2,698 | 2,663 |

| | | |
|---|--------|--------|
| MDD (gram/cm ³) | - | 27,820 |
| OMC (%) | - | 1,498 |
| CBR (%) | - | 9,781 |
| Berat isi tanah jenuh (γ_{sat}) (gram/cm ³) | 1,929 | 2,051 |
| Berat isi tanah kering (γ_{unsat}) (gram/cm ³) | 1,597 | 1,766 |
| Sudut geser (ϕ) (°) | 17,119 | 26,748 |
| Kohesi (c) (kN/m ²) | 7,8381 | 15,19 |

Dari pengujian analisis saringan dan batas-batas *Atterberg* diketahui bahwa, berdasarkan klasifikasi USCS tanah dasar yang diuji termasuk kedalam kelompok *CH* (tanah lempung tak organik dengan plastisitas tinggi). Tanah timbunan yang diuji berdasarkan klasifikasi USCS masuk kedalam kelompok *SW* (pasir bergradasi baik, pasir berkerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus), sedangkan untuk klasifikasi AASHTO, tanah timbunan masuk kedalam kelompok *A-1-a* yakni tanah bergranuler yang pada umumnya berupa pecahan batu, kerikil dan pasir. Berdasarkan klasifikasi AASHTO tersebut, tanah timbunan yang digunakan memenuhi syarat sebagai tanah timbunan yang baik. Hal ini didasarkan pada Modul Spesifikasi Pekerjaan Tanah (2016) dimana tanah timbunan yang baik merupakan tanah yang tidak berplastisitas tinggi atau dalam klasifikasi ASSHTO tanah tersebut tidak boleh masuk kedalam kelompok *A-7-6*.

Pada pengujian pemadatan dan CBR, pengujian hanya dilakukan untuk tanah timbunan saja. Hal ini dikarenakan salah satu syarat tanah timbunan yang baik berdasarkan modul spesifikasi pekerjaan tanah adalah tanah timbunan harus memiliki nilai CBR tidak kurang dari 6% setelah perendaman 4 hari. Sehingga berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, didapatkan hasil bahwa tanah puru bisa digunakan sebagai tanah timbunan yang baik, karena nilai CBR-nya 9,781% lebih besar dari 6% sehingga memenuhi syarat.

Pengujian berat isi dan kuat geser langsung dilakukan untuk mendapatkan nilai parameter tanah yakni nilai sudut geser (ϕ), kohesi (c), berat isi tanah jenuh (γ_{sat}) dan berat isi tanah kering (γ_{unsat}). Nilai tersebut selanjutnya akan digunakan dalam analisis menggunakan program Plaxis 2D.

B. Data Sekunder

Data Sekunder terdiri dari data korelasi parametrik, nilai kuat tarik geotekstil *woven* dan beban kendaraan.

1. Korelasi Parametrik

Korelasi parametrik dilakukan karena beberapa nilai parameter tanah tidak bisa diperoleh melalui pengujian laboratorium, sehingga dilakukan korelasi dengan nilai yang ada di buku Bowles (1997) dan Das (2007).

Tabel 2. Data tanah hasil korelasi parametrik

| No | Jenis Tanah | Modulus Elastisi- | Permeabilitas | Angka Poison |
|----|-------------|-------------------|---------------|--------------|
|----|-------------|-------------------|---------------|--------------|

| | | tas (kN/m ²) | (m/hari) | |
|---|-------------------------------|-----------------------------|-----------------------|------|
| 1 | Tanah Lempung (lempung lunak) | 3000 | $8,64 \times 10^{-6}$ | 0,45 |
| | Tanah puru (pasir berkerikil) | 95000 | $4,363 \times 10^1$ | 0,00 |

2. Kuat Tarik Geotekstil *Woven*

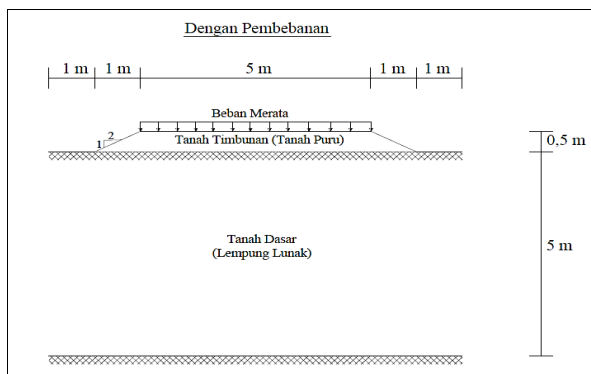
Kuat tarik geotekstil *woven* yang akan di analisis yakni 200 kN/m, 400 kN/m, 600 kN/m, 800 kN/m, 1.000 kN/m, 1.200 kN/m, 1.400 kN/m, 1.600 kN/m.

3. Beban Kendaraan

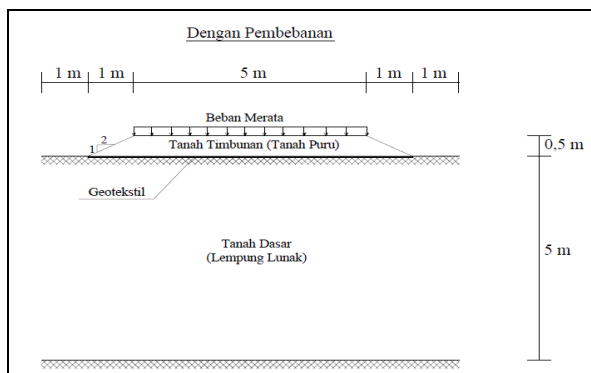
Beban kendaraan diperoleh dari muatan sumbu terberat tipe jalan kelas II berdasarkan undang-undang nomor 22 tahun 2009 tentang lalulintas dan angkutan jalan. Muatan sumbu kendaraan maksimalnya (*w*) adalah 8 ton, yang selanjutnya diubah keladad bentuk beban merata diatas penampang timbunan selebar 5 m, sehingga diperoleh beban meratanya sebesar 15,691 kN/m.

C. Pemodelan

Adapun bentuk timbunan yang akan dimodelkan di program Plaxis 2D yakni seperti pada Gambar 1 dan Gambar 2.



Gambar 1. Sketsa model timbunan tanpa geotekstil *woven*



Gambar 2. Sketsa model timbunan menggunakan geotekstil *woven*

D. Input Data

Adapun parameter tanah yang dimasukkan dalam pemodelan ini diantaranya: modulus elastisitas (*E*), angka poisson (μ), permeabilitas (*k*), sudut geser (ϕ), kohesi (*c*), berat isi tanah jenuh (γ_{sat}) dan berat isi tanah kering (γ_{unsat}).

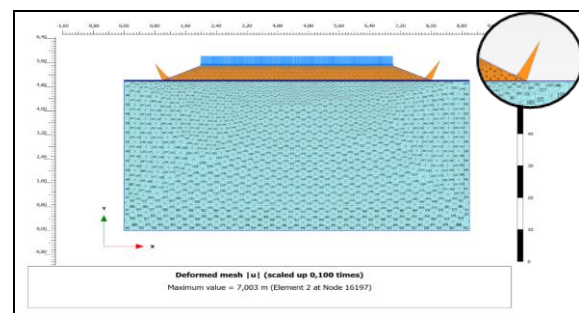
Tabel 3. Data input parameter tanah

| Parameter | Satuan | Data Input | |
|-------------------------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Jenis tanah | | Tanah lempung (tanah dasar) | Tanah puru (tanah timbunan) |
| Model material | | Mohr-Coloumb | Mohr-Coloumb |
| Jenis perilaku material | | <i>Undrained A</i> | <i>Drained</i> |
| <i>E</i> | kN/m ² | 3000 | 95000 |
| μ | | 0,45 | 0,00 |
| <i>k</i> | m/hari | $8,64 \times 10^{-6}$ | $4,363 \times 10^1$ |
| <i>c</i> | kN/m ² | 7,8381 | 15,19 |
| ϕ | ° | 17,119 | 26,748 |
| γ_{unsat} | kN/m ³ | 15,661 | 17,319 |
| γ_{sat} | kN/m ³ | 18,917 | 20,114 |

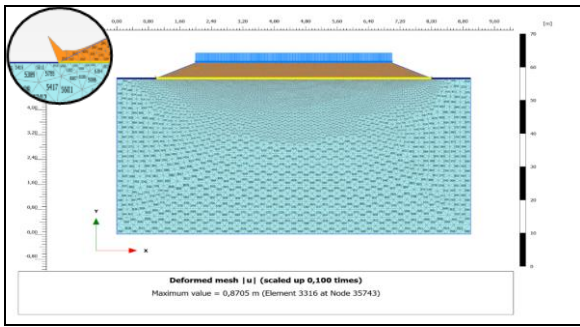
E. Output Model

Setelah dilakukan analisis menggunakan program Plaxis 2D, diperoleh hasil berupa *Output* (keluaran) model yang berbentuk pola dan nilai deformasi total.

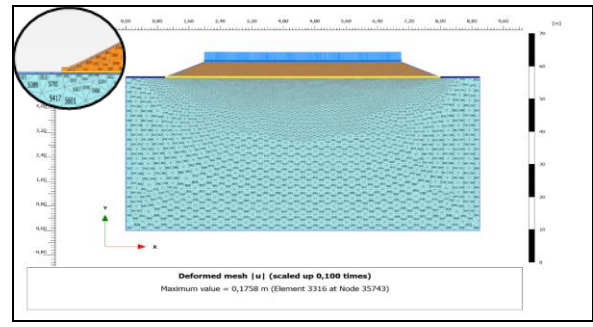
Deformasi total merupakan besarnya perubahan bentuk atau ukuran suatu model akibat diberikan gaya atau tekanan. Perubahan bentuk tersebut tidak hanya mencakup perubahan posisi linear dalam arah tertentu (vertikal dan horizontal) tetapi mencakup perubahan bentuk atau ukuran objek secara keseluruhan. Setelah analisis dilakukan terhadap sembilan variasi nilai kuat tarik geotekstil *woven* pada pemodelan timbunan, diperoleh hasil deformasi total sebagai berikut:



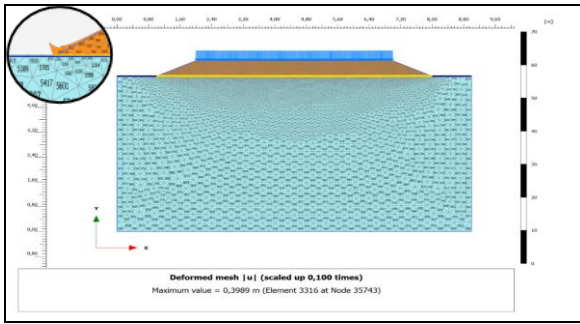
Gambar 3. Bentuk deformasi total tanpa menggunakan geotekstil *woven*



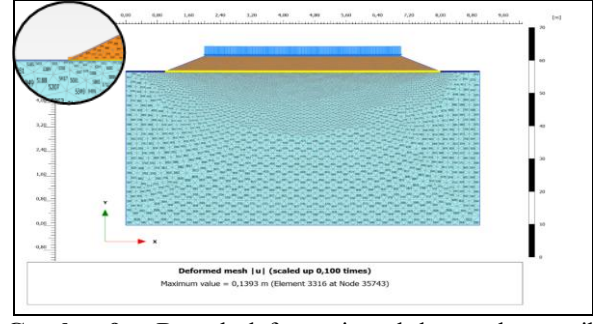
Gambar 4. Bentuk deformasi total dengan kuat tarik geotekstil woven 200 kN/m



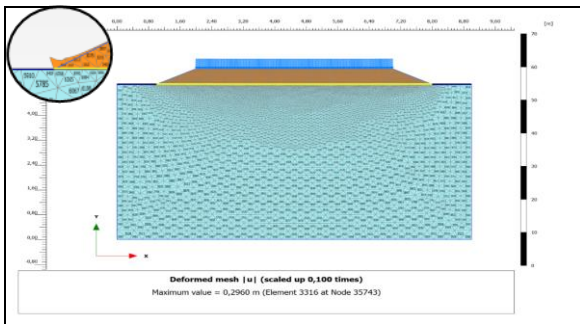
Gambar 8. Bentuk deformasi total dengan kuat tarik geotekstil woven 1.000 kN/m



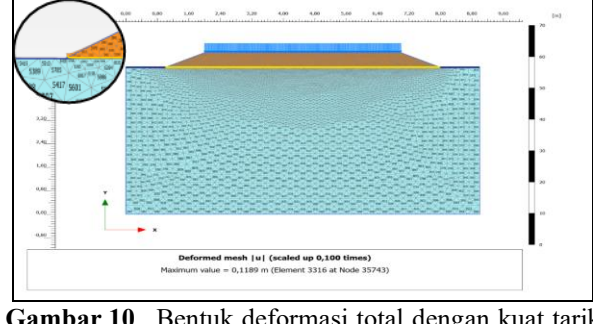
Gambar 5. Bentuk deformasi total dengan kuat tarik geotekstil woven 400 kN/m



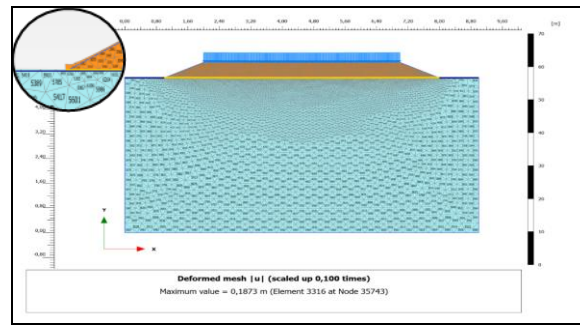
Gambar 9. Bentuk deformasi total dengan kuat tarik geotekstil woven 1.200 kN/m



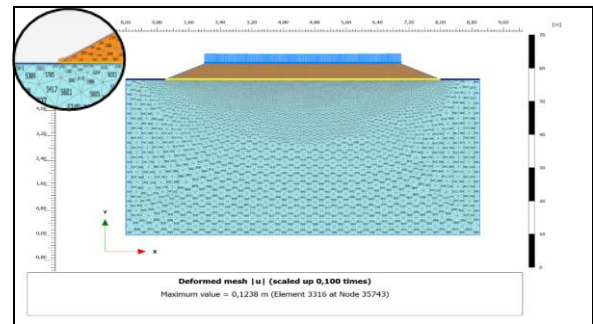
Gambar 6. Bentuk deformasi total dengan kuat tarik geotekstil woven 600 kN/m



Gambar 10. Bentuk deformasi total dengan kuat tarik geotekstil woven 1.400 kN/m



Gambar 7. Bentuk deformasi total dengan kuat tarik geotekstil woven 800 kN/m



Gambar 11. Bentuk deformasi total dengan kuat tarik geotekstil woven 1.600 kN/m

Tabel 4. Rekapitulasi nilai deformasi total

| No. | Keterangan | Besar Deformasi total (m) |
|-----|---------------------------|---------------------------|
| 1 | Tanpa geotekstil woven | 7,003 |
| 2 | Geotekstil woven 200 kN/m | 0,8705 |
| 3 | Geotekstil woven 400 kN/m | 0,3989 |
| 4 | Geotekstil woven 600 kN/m | 0,2960 |

| | | |
|---|------------------------------------|--------|
| 5 | Geotekstil <i>woven</i> 800 kN/m | 0,1873 |
| 6 | Geotekstil <i>woven</i> 1.000 kN/m | 0,1758 |
| 7 | Geotekstil <i>woven</i> 1.200 kN/m | 0,1393 |
| 8 | Geotekstil <i>woven</i> 1.400 kN/m | 0,1189 |
| 9 | Geotekstil <i>woven</i> 1.600 kN/m | 0,1238 |

Berdasarkan Gambar 3 sampai Gambar 11, deformasi total selalu terjadi pada lereng timbunan. Namun dengan bertambahnya nilai kuat tarik geotekstil *woven* yang digunakan, deformasi yang terjadi di lereng timbunan semakin berkurang hal tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.

Berdasarkan nilai deformasi total yang terdapat pada Tabel 4, nilai deformasi total tertinggi terdapat pada model timbunan tanpa perkuatan geotekstil *woven* yakni sebesar 7,003 m. Nilai deformasi total terkecil terdapat pada model timbunan dengan kuat tarik geotekstil *woven* 1.400 kN/m sebesar 0,1189 m. Model dengan kuat tarik geotekstil *woven* 1.600 kN/m mengalami kenaikan nilai deformasi total. Hal tersebut dapat menyebabkan interaksi yang tidak optimal atau kegagalan fungsi geotekstil *woven* itu sendiri, yang menyebabkan berkurangnya efektivitas geotekstil *woven* dalam mengurangi deformasi total.

F. Pengaruh Penggunaan Geotekstil *Woven* Terhadap Nilai Deformasi

Besarnya persentase reduksi nilai deformasi berdasarkan pertambahan nilai kuat geotekstil *woven* yang digunakan disajikan dalam Tabel 5.

Tabel 5. Persentase reduksi nilai deformasi total

| No. | Keterangan | Nilai Deformasi total (m) | Persentase Reduksi Nilai Deformasi (%) |
|-----|------------------------------------|---------------------------|--|
| 1 | Tanpa geotekstil <i>woven</i> | 7,003 | |
| 2 | Geotekstil <i>woven</i> 200 kN/m | 0,8705 | 87,570 |
| 3 | Geotekstil <i>woven</i> 400 kN/m | 0,3989 | 94,304 |
| 4 | Geotekstil <i>woven</i> 600 kN/m | 0,2960 | 95,773 |
| 5 | Geotekstil <i>woven</i> 800 kN/m | 0,1873 | 97,325 |
| 6 | Geotekstil <i>woven</i> 1.000 kN/m | 0,1758 | 97,490 |
| 7 | Geotekstil <i>woven</i> 1.200 kN/m | 0,1393 | 98,011 |
| 8 | Geotekstil <i>woven</i> 1.400 kN/m | 0,1189 | 98,302 |
| 9 | Geotekstil <i>woven</i> 1.600 kN/m | 0,1238 | 98,232 |

Berdasarkan Tabel 5, diketahui bahwa pengaruh penggunaan geotekstil *woven* terhadap pengurangan nilai deformasi total sangatlah besar. Hal ini dapat dilihat pada persentase reduksi nilai deformasi total terhadap penggunaan variasi kuat tarik geotekstil

woven. Dengan hanya menggunakan kuat tarik geotekstil *woven* sebesar 200 kN/m persentase reduksi deformasi total yang dihasilkan mencapai 87,570% jika dibandingkan dengan model timbunan tanpa menggunakan perkuatan geotekstil *woven*. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan geotekstil *woven* sebagai bahan perkuatan timbunan merupakan hal yang tepat karena bisa mereduksi hampir 100% deformasi yang terjadi akibat suatu pembebanan. Dalam penelitian ini dari 8 variasi kuat tarik geotekstil *woven* yang digunakan, persentase reduksi nilai deformasi terbesar yakni 98,302% jika dibandingkan dengan model timbunan tanpa perkuatan geotekstil *woven*. Nilai tersebut merupakan nilai deformasi terkecil yang didapat pada model timbunan dengan kuat tarik geotekstil *woven* 1.400 kN/m.

Berdasarkan hasil yang telah didapatkan dari analisis pemodelan menggunakan program Plaxis 2D, dapat diketahui bahwa penggunaan geotekstil *woven* sebagai perkuatan tanah bisa diartikan sebagai fungsi tulangan yang menahan gaya tarik pada tanah, karena tanah hanya bisa menahan gaya tekan tidak dengan gaya tarik (Hardiyatmo, 2013). Hal ini didukung dengan hasil penelitian bahwa penggunaan geotekstil dapat mengurangi deformasi yang terjadi pada timbunan yang diberikan suatu pembebanan.

KESIMPULAN

Penggunaan geotekstil *woven* pada timbunan memberikan pengaruh terhadap deformasi. Pengaruh tersebut berupa nilai deformasi yang mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya variasi nilai kuat tarik geotekstil *woven* yang digunakan pada timbunan. Penurunan deformasi tersebut terus berlangsung hingga penggunaan geotekstil *woven* tipe Speravi PET dengan variasi kuat tarik 1.400 kN/m, sedangkan pada penggunaan geotekstil *woven* tipe Speravi PET dengan variasi kuat tarik 1.600 kN/m nilai deformasi mulai mengalami kenaikan. Berdasarkan hal tersebut dapat diketahui bahwa penggunaan perkuatan geotekstil *woven* dengan kuat tarik yang sesuai dengan kondisi tanah, dapat mengurangi terjadinya deformasi pada konstruksi timbunan.

Variasi kuat tarik geotekstil *woven* tipe Speravi PET yang dapat menghasilkan kondisi deformasi terkecil yakni pada nilai kuat tarik 1.400 kN/m dengan nilai deformasi sebesar 0,1189 m. Nilai deformasi tersebut mengalami reduksi nilai deformasi sebesar 98,302% jika dibandingkan dengan nilai deformasi model timbunan tanpa perkuatan geotekstil *woven*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih atas dukungan dari Universitas Bangka Belitung melalui program RKAKL FT yang sangat berharga untuk penerbitan artikel ini dan terimakasih kepada Laboratorium Teknik Sipil Universitas Bangka Belitung yang telah memfasilitasi penelitian ini

REFERENSI

- Bowles, J. E. 1997. *Analisis dan Desain Pondasi*. Jakarta: Erlangga.
- Das, B. M. 1995. *Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis)*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Hardiyatmo, H. C. 2013. *Geosintetik Untuk Rekayasa Jalan Raya (Perancangan dan Aplikasi) Edisi Kedua*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Kurnia, Selamat. 2024. Studi Kekuatan Tanah Bekas Tambang Sebagai Tanah Timbunan Untuk Konstruksi Bangunan. *Laporan Tugas Akhir, Universitas Bangka Belitung*.
- Modul Spesifikasi Pekerjaan Tanah. 2016. *Diklat Spesifikasi Umum Pekerjaan Jalan dan Jembatan*. Pusat Pendidikan dan Pelatihan Jalan, Perumahan Pemukiman dan Pengembangan Infrastruktur Wilayah..
- Pedoman Konstruksi dan Bangunan. 2009. *Perencanaan dan Pelaksanaan Perkuatan Tanah dengan Geosintetik*. Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga.
- Presiden Republik Indonesia. 2009. *Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2009 Tentang Lalu lintas dan Angkutan Jalan*. Jakarta: Sekretariat Negara.
- SNI 03-3637. 1994. *Metode Pengujian Berat Isi Tanah Berbutir Halus dengan Cetakan Benda Uji*. Badan Standarisasi Nasional Indonesia. Jakarta.
- SNI 1743. 2008. *Cara Uji Kepadatan Berat untuk Tanah*. Badan Standarisasi Nasional Indonesia. Jakarta.
- SNI 1744. 2012. *Metode Uji CBR Laboratorium*. Badan Standarisasi Nasional Indonesia. Jakarta.
- SNI 1964. 2008. *Cara Uji Berat Jenis Tanah*. Badan Standarisasi Nasional Indonesia. Jakarta.
- SNI 1965. 2008. *Cara Uji Penentuan Kadar Air untuk Tanah dan Batuan di Laboratorium*. Badan Standarisasi Nasional Indonesia. Jakarta.
- SNI 1966. 2008. *Cara Uji Penentuan Batas Plastis dan Indeks Plastisitas*. Badan Standarisasi Nasional Indonesia. Jakarta.
- SNI 1967. 2008. *Cara Uji Penentuan Batas Cair Tanah*. Badan Standarisasi Nasional Indonesia. Jakarta.
- SNI 2813. 2008. *Cara Uji Kuat Geser Langsung Tanah Terkonsolidasi dan Terdrainase*. Badan Standarisasi Nasional Indonesia. Jakarta.
- SNI 3423. 2008. *Cara Uji Analisis Ukuran Butir Tanah*. Badan Standarisasi Nasional Indonesia. Jakarta.
- www.geosinindo.co.id. 2022. *Mengenal Lebih dalam Tentang 8 Jenis Geosintetik*. Geosinindo. Tersedia di: <https://www.geosinindo.co.id/post/mengenal-lebih-dalam-tentang-8-jenis-geosintetik> (Diakses: 22 Maret 2024).
- www.pandu-equator.com. 2023. *Apa Itu Geotextile Woven dan Non woven Serta Fungsinya*. PT. Pandu Equator Prima. Tersedia di: <https://pandu-equator.com/apa-itu-geotextile-woven-dan-non-woven-serta-fungsinya/> (Diakses: 5 Juni 2024)